

DOCKET NO.: 273549US0PCT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Shuzo ITO, et al.  
SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION  
FILED: HEREWITH  
INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/15509  
INTERNATIONAL FILING DATE: December 4, 2003  
FOR: METHOD OF PRODUCING MOLTEN IRON

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313

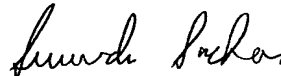
Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<b><u>COUNTRY</u></b>	<b><u>APPLICATION NO</u></b>	<b><u>DAY/MONTH/YEAR</u></b>
Japan	2002-353525	05 December 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/15509.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Norman F. Oblon  
Attorney of Record  
Registration No. 24,618  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

Customer Number

**22850**

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 08/03)

Rec'd PCT/PTO 11 JUL 2005

10/537861

PCT/JP03/15509

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

04.12.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年12月 5日

出願番号  
Application Number: 特願2002-353525  
[ST. 10/C]: [JP2002-353525]

出願人  
Applicant(s): 株式会社神戸製鋼所

RECEIVED

03 FEB 2004

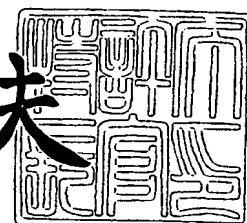
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 30770  
【提出日】 平成14年12月 5日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 C21B 13/10  
【発明の名称】 溶鉄の製法  
【請求項の数】 5  
【発明者】

【住所又は居所】 神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所  
神戸総合技術研究所内

【氏名】 伊東 修三

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所  
神戸総合技術研究所内

【氏名】 宮原 逸雄

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所  
神戸総合技術研究所内

【氏名】 徳田 耕司

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【氏名又は名称】 株式会社神戸製鋼所

【代理人】

【識別番号】 100067828

【弁理士】

【氏名又は名称】 小谷 悦司

【選任した代理人】

【識別番号】 100075409

【弁理士】

【氏名又は名称】 植木 久一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012472

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703961

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 溶鉄の製法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 移動炉床式還元炉の炉床上に、炭素質還元剤と酸化鉄含有物質および CaO 含有物質を含む原料混合物を装入し、該原料混合物を上記還元炉内で加熱することによって該原料混合物中の酸化鉄を還元し、金属化率が 80% 以上の固形還元鉄を生成させ、該固形還元鉄を高温に保った状態で溶解炉へ投入して更に加熱し、一部残留する酸化鉄を還元すると共に固形還元鉄を溶解することにより、炭素含量が 3.0 質量% 以上である熔融金属鉄を製造するに当たり、上記溶解炉内で生成するスラグの塩基度が 1.1 以上となる様に溶解炉へ別途添加される CaO 含有物質の投入量が、当該溶解炉で得られる溶鉄 1 トン当たり 40 kg 以下となる様に、前記原料混合物への CaO 含有物質の配合量を調整することを特徴とする溶鉄の製法。

【請求項 2】 移動炉床式還元炉の炉床上に粉粒状の炭素質物質を床敷として装入し、該床敷上に、炭素質還元剤と酸化鉄含有物質および CaO 含有物質を含む原料混合物を装入する請求項 1 に記載の溶鉄の製法。

【請求項 3】 移動炉床式還元炉の炉床上に前記床敷として装入される炭素質物質の量を、溶解炉で得られる溶鉄 1 トン当たり 30 kg 以上とする請求項 2 に記載の製法。

【請求項 4】 上記溶解炉で生成するスラグの塩基度を 1.1 以上とするに足る CaO 含有物質を、前記原料混合物中に配合すると共に、前記還元炉から未燃焼状態で排出され固形還元鉄と共に溶解炉へ装入される炭素質物質の量が、当該溶解炉で消費される炭材量以上となる様に、前記床敷用炭素質物質の装入量を調整する請求項 2 または 3 に記載の製法。

【請求項 5】 前記溶解炉で生成するスラグ中の MgO 含量が 6 質量% 以上となる様に、原料混合物中の MgO 量および溶解炉へ添加する MgO の量を調整する請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

**【発明の属する技術分野】**

本発明は溶鉄の製法に関し、より詳細には、鉄鉱石などの酸化鉄含有物質を炭材等の炭素質還元剤と共に移動炉床式還元炉で加熱還元し、得られる還元鉄を引き続き溶解炉で溶解して溶鉄を製造する際に、特に、鉄分純度の高い溶鉄を高生産性の下で効率よく製造し得る様に改善された方法に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

最近、比較的小規模で多品種・少量生産向きの製鉄法として、鉄鉱石等の酸化鉄含有物質を還元性雰囲気下で加熱し、酸化鉄を還元して金属鉄を製造する製鉄法が注目されており、その1つとして、MIDREX法に代表される直接製鉄法がある。しかしこの方法は、還元剤として大量の天然ガスを必要とするので、当該設備の立地条件に制約がある。

**【0003】**

また、酸化鉄含有物質を石炭ベースの炭素質還元剤の共存下で加熱還元することにより固形還元鉄とし、該固形還元鉄を電気炉で加熱溶解することにより溶鉄を製造するSL/RN法も知られており、最近では、回転炉床式還元炉と電気溶解炉を隣接して配置し、酸化鉄の還元から、生成する固形還元鉄の加熱溶解までを一貫して行う直接製鉄法も多数提案されている。しかし、これらの方法を実施するには膨大な電力を必要とするので、当該設備の立地条件が電力供給事情の良い場所に限定される。

**【0004】**

こうした状況の下で、鉄鉱石等の酸化鉄含有物質と石炭等の炭素質還元剤を用いて溶鉄を製造する還元・溶解製鉄法の改良研究が盛んに進められており、その代表例として、予備還元炉と溶解還元炉を組み合わせたDIOS法やHIsmelt法が提案されている。これらの方法を実用化する上で重要となるのは、溶解還元炉で高レベルの2次燃焼率と着熱効率を確保することであるが、これらを高めると、鉄鉱石等の鉄源中の脈石成分に由来して加熱還元時に副生するスラグ内に高濃度の酸化鉄( $\text{FeO}$ )が混入し、処理炉の内張り耐火物を著しく溶損するという問題がクローズアップされてくる。こうした問題の対応策として、炉体を水冷し耐火

物の溶損を抑制する方法も提案されているが、炉体からの熱損失が大きくなるため、溶鉄の生産性や熱エネルギー効率に多大な悪影響を及ぼす。

#### 【0005】

また、最近開発された他の直接製鉄法として、鉄鉱石等の酸化鉄含有物質（鉄源）と炭材などの炭素質還元剤を含む混合物、或いは該混合物をペレットやブリケット等に成形した炭材内装成形体を、回転タイプの移動炉床式還元炉で加熱・還元した後、得られる還元鉄を溶解炉で最終的に還元すると共に溶解させて溶鉄を製造する方法が知られている（特許文献1，2，3など）。これらの方法では、溶解炉で生成する高温の排ガス熱を移動炉床式還元炉へ導入して有効利用することも可能であり、設備全体としての熱効率も高め得ることから、それなりの効果が期待される。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特公平3-60883号（特許請求の範囲、図1など）

##### 【特許文献2】

特開2001-279313号（特許請求の範囲、図3など）

##### 【特許文献3】

特開2001-247920号（特許請求の範囲、図1など）。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述した様な移動炉床式還元炉と溶解炉を連結した直接製鉄法はかなり以前から研究されているが、工業的規模で実施するには、操業安定性や安全性、経済性、製品の品質（溶鉄純度）などを含めて、改善しなければならない課題も多い。

#### 【0008】

本発明者らも、かねてよりこの種の直接製鉄法の実用化研究を進めているが、今回は特に、例えば回転炉床式などの移動炉床式還元炉を用いた鉄源の固体還元から溶解炉での溶解に亘る一連の工程をより円滑に実施可能にすると共に、得られる溶鉄の一層の品質向上を図り、更には処理設備の特に耐火物の劣化を抑えて設備寿命を延長すべく、様々の角度から研究を進めた。

## 【0009】

従って本発明の目的は、移動炉床式還元炉での還元から溶解炉での溶解に亘る一連の工程をより円滑に実施可能にすると共に、得られる溶鉄の一層の品質向上を図り、更には処理設備の特に耐火物の劣化を抑えて設備の長寿命化を達成し得る様な技術を確立することにある。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を達成することのできた本発明に係る溶鉄の製法とは、移動炉床式還元炉の炉床上に、炭素質還元剤と酸化鉄含有物質およびCaO含有物質を含む原料混合物を装入し、該原料混合物を上記還元炉内で加熱することによって該原料混合物中の酸化鉄を還元し、金属化率が80%以上の固形還元鉄を生成させ、該固形還元鉄を高温に保った状態で溶解炉へ投入して更に加熱し、一部残留する酸化鉄を還元すると共に固形還元鉄を溶解することにより、炭素含量が3.0質量%以上である熔融金属鉄を製造するに当たり、上記溶解炉内で生成するスラグの塩基度が1.1以上となる様に溶解炉へ別途添加されるCaO含有物質の投入量が、当該溶解炉で得られる溶鉄1トン当たり40kg以下となる様に、前記原料混合物へのCaO含有物質の配合量を調整するところに特徴を有している。

## 【0011】

上記方法を実施するに当たっては、前記移動炉床式還元炉の炉床上に粉粒状の炭素質物質を床敷として装入してから、炭素質還元剤と酸化鉄含有物質およびCaO含有物質を含む原料混合物を装入するのがよく、またこの時に前記床敷として装入される炭素質物質の量を、溶解炉で得られる溶鉄1トン当たり30kg以上にすれば、上記還元炉で得られる固形還元鉄の金属化率をより効果的に高めることができるので好ましい。

## 【0012】

また、上記溶解炉で生成するスラグの塩基度を1.1以上とするに足るCaO含有物質の全量を、前記原料混合物に配合することで、溶解炉へ別途添加するCaO含有物質の量をゼロとすれば、溶解炉での溶解操作を一層円滑に行うことができ、更に、前記還元炉から未燃焼状態で排出され固形還元鉄と共に溶解炉へ装



入される炭素質物質の量が、当該溶解炉で消費される炭材量以上となる様に、前記床敷用炭素質物質の装入量を調整すれば、前記還元炉で得られる固形還元鉄の金属化率を一層確実に高め得ると共に、溶解炉での溶解操業も一段と効率よく速やかに行えるので好ましい。

#### 【0013】

また、前記溶解炉で生成するスラグ中のMgO含量が6質量%以上、好ましくは8～13質量%となる様に、原料混合物中のMgO量を調整し、或いは溶解炉にMgOを追加投入すれば、溶解炉の内張り耐火物としてマグネシア系煉瓦を使用したときの溶損を効率よく防止できるので好ましく、この場合は、前記CaOやMgOを含めて、溶解炉で追加投入される造滓剤の量が、当該溶解炉で得られる溶鉄1トン当たり40kg以下となる様に、前記原料混合物へのCaOおよびMgO含有物質の配合量を調整することが望ましい。

#### 【0014】

#### 【発明の実施の形態】

本発明では上記の様に、移動炉床式還元炉と、これに隣接して設けられた溶解炉を備えた一連の設備を用いて酸化鉄含有物質の固体還元とその溶解による溶鉄の製造を一貫して行う。なお本発明では、移動炉床式還元炉としてグレートタイプの還元炉を使用することも可能であるが、設備の占有面積や操業性などを総合的に考慮して最も実用性の高いのは回転炉床式還元炉であるので、以下では回転炉床式還元炉を使用する場合を主体にして説明を進めるが、本発明はもとよりこれに限定されるわけではなく、移動炉床上で加熱還元を行うタイプの還元炉であれば、他の還元炉を使用することも勿論可能である。

#### 【0015】

図1は、本発明を実施する際に用いる一連の設備を例示する概略工程説明図で、図中、(A)は回転炉床式還元炉、(B)は電気炉式溶解炉、(C)は鉄浴式溶解炉を示しており、本発明の製法は、回転炉床式還元炉(A)と電気炉式溶解炉(B)、或いは回転炉床式還元炉(A)と鉄浴式溶解炉(C)を組み合わせた設備を用いて実施される。

#### 【0016】

回転炉床式還元炉(A)には、好ましくは床敷として供給される粉粒状の炭素質物質(1)と、酸化鉄含有物質および炭素質還元剤を含み、更にはCaOやMgO等、あるいは必要により少量のバインダーを配合した原料混合物(或いは、これらをペレット状などに成形した成形体や簡易成形体)(2)が、原料投入ホッパー(3)を通して、回転炉床式還元炉(A)の回転炉床(4)上へ連続的に装入される。より詳細には、上記原料投入ホッパーを少なくとも2つ設置し、原料混合物(2)の装入に先立って、回転炉床(4)上に粉粒状の炭素質物質(1)を装入し、しかる後に、隣接する別のホッパーから原料混合物(2)を装入する。なお場合によっては、床敷として装入される粉粒状の炭素質物質(1)を省略することも可能である。

#### 【0017】

図示した回転炉床式還元炉(A)の回転炉床(4)は反時計方向に回転されており、操業条件によって異なるが、通常は8分から16分程度で1周する。該還元炉(A)における回転炉床(4)の上方側壁及び／又は天井部には燃焼バーナー(5)が複数個設けられており、該バーナー(5)の燃焼熱あるいはその輻射熱によって炉床部に熱が供給される。

#### 【0018】

耐火材で構成された回転炉床(4)上に装入された原料混合物(2)は、該炉床(4)上で還元炉(A)内を周方向に移動する中で、燃焼バーナー(5)からの供給熱や輻射熱によって加熱され、当該還元炉(A)内の加熱帯を通過する間に、当該原料混合物(2)中の酸化鉄は還元されて固形還元鉄が製造される。

#### 【0019】

ところで、回転炉床(4)上に原料混合物(2)のみを装入して加熱還元を行う場合、原料混合物(2)の加熱還元が進行する前半期には、原料混合物(2)内に配合された炭素質還元剤からCOガスを主体とする強還元性のガスが原料混合物(2)の周辺に大量に放出されるため、炉内雰囲気中存在する酸化性ガスの影響を受け難いが、還元の後半期になると、原料混合物(2)の内部から放出される還元性ガスの量が減少するため、原料混合物(2)はその周辺に存在する酸化性ガス(バーナー燃焼に伴って生じる二酸化炭素や水蒸気など)の影響を受け易くなり、加熱還元により一旦生成した還元鉄が再び酸化されたり、原料混合物(2)の内部に残存す

る炭素質還元剤を燃焼消耗させることがある。そのため、原料混合物(2)内に還元剤として配合する炭素質還元剤の調整が困難となり、得られる固形還元鉄の金属化率が不安定になることもあり得る。

#### 【0020】

そこで、回転炉床(4)上に粉粒状の炭素質物質(1)を床敷として予め敷きつめておき、この上に原料混合物(2)を装入する様にすれば、加熱還元の後半期においても、バーナー燃焼に伴う $\text{CO}_2$ の如き酸化性ガスは該炉床(4)上の炭素質物質(1)によって再び還元され、原料混合物(2)近傍の雰囲気ガスを高レベルの還元ポテンシャルに維持することができ、目標とする金属化率の固形還元鉄をより安定して製造できるので好ましい。

#### 【0021】

上記の様にして回転炉床式還元炉(A)で製造された固形還元鉄は、加熱還元工程で副生するスラグや床敷として用いた炭素質物質(1)の燃焼残分と共に排出装置(6)から排出される。図中、(7)は排ガスダクトを示している。

#### 【0022】

何れにしても、還元炉(A)内で生成した固形還元鉄は、できるだけ冷却させずに高温状態を維持した状態で、炉床(4)上に残留する炭素質物質(1)等と共に排出装置(6)で炉外へ排出され、該回転炉床式還元炉(A)と直結し若しくは近接して設置されている溶解炉へ送り込まれる。図中、(B)は電気炉式溶解炉を、(C)は鉄浴式溶解炉を各々示しており、これらの溶解炉は必要に応じて適宜使い分けられる。

#### 【0023】

電気炉式溶解炉(B)を使用する場合、前記還元炉(A)から排出された高温の固形還元鉄と残留炭素質物質は、炉頂部に設けられた投入シュート(8)から炉内へ投入される。該溶解炉(B)内に $\text{CaO}$ や $\text{MgO}$ を含む副原料(造滓剤)を投入する場合は、同一の又は別途設置されたシュートを通して添加される。該電気炉式溶解炉(B)では、電極(9)によって炉内へ熱が供給され、該熱により固形還元鉄中に残存する未還元の酸化鉄が還元されると共に固形還元鉄は溶解し、最終的には熔融スラグ(S)と溶鉄(Fe)に分離して炉内に蓄積される。そして、これら溶鉄(Fe)

と熔融スラグ(S)は、適当な時期に出滓孔(10)および出湯孔(11)から炉外へ排出される。図中、(12)は排ガスダクトを示している。

#### 【0024】

一方、鉄浴式溶解炉(C)を使用する場合、固形還元鉄や炭素質物質は溶解炉(C)の上部から炉内へ投入される。炉内で炭素質物質を燃焼させるための酸素含有ガスは、炉頂部から装入される上吹きランス(13)によりスラグ(S)や溶鉄(Fe)の上方から高速で吹き込むのが一般的であるが、この他、炉底にセットされた底吹ノズル(14)や炉壁にセットされた横吹ノズル(15)を通して炉内へ吹き込むことも可能であり、或いはこれらの2以上を適宜組み合わせて炉内へ吹き込むことも可能である。

#### 【0025】

尚この種の溶解炉を使用する際には、炭材を炉内で燃焼させることによって必要な熱を炉内へ供給する必要があるが、相当量の燃料が必要になるが、床敷を装入しない場合や、前記還元炉(A)から溶解炉へ投入される未燃焼の炭素質物質(床敷)だけでは燃料不足となる場合、不足分の炭材は、単独で、或いはその他の副原料(CaOやMgO等)と併せて炉頂部から投入すればよい。

#### 【0026】

上述した様な設備を用いて溶鉄を製造するに当たり、回転炉床式還元炉で得られる固形還元鉄を、隣接して設けた溶解炉へ連続的もしくはバッチ的に投入し、該固形還元鉄中に残存する未還元の酸化鉄(FeO)を最終還元すると共に溶解させて溶鉄を製造する際に、本発明では、該溶解炉で副生するスラグの塩基度( $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ )が1.1以上、好ましくは1.3以上となる様に、スラグ形成々分の含有比率を制御することが、低硫黄含量(低[S])の溶鉄を得るうえで極めて重要となる。

#### 【0027】

これは、溶鉄中の硫黄分[S]をスラグ方向へ移行させ、溶鉄中のS含量([S])を低減するためである。ちなみに、炭素質還元剤として石炭やコークス等を用いた原料混合物(一般的なのは、該混合物をペレット状や塊状などに成形した原料成形体、もしくは該混合物を軽く押し固めた簡易成形体)を加熱還元する

ことによって得られる固形還元鉄中には、石炭やコークスに由来する硫黄が多量混入し、また床敷として石炭系の粉粒体を使用する場合も同様に多量の硫黄が混入するので、これらの炭素源を還元成分として使用すると、得られる固形還元鉄中には当然に相当量の硫黄が含まれてくる。

#### 【0028】

この固形還元鉄を溶解炉で溶解すると、硫黄分は当該溶解炉内で生成する溶鉄(Fe)と熔融スラグ(S)の間で分配されるが、本発明者らが実験によって確認したところ、この分配比  $\{\text{スラグ中のS含有量(質量\%)} / \text{溶鉄中のS含有量[質量\%]} = (S) / [S]\}$  は、スラグ塩基度が高いほど高くなり、好ましくは生成スラグの塩基度が1.1以上、好ましくは1.3以上となる様に、溶解炉へ別途CaO源を投入すべきであることが確認された。

#### 【0029】

また、上記(S)/[S]分配比は、スラグ中の酸化鉄(FeO)含量によっても大きく影響され、該酸化鉄含量が多くなると前記分配比は著しく小さくなる傾向がある。従って、スラグの塩基度を例えば1.3以上に調整したとしても、スラグ中の酸化鉄(FeO)濃度が高くなると、スラグ方向へのS分配比は大幅に減少し、結果的に、溶鉄を低硫黄化し難くなる。

#### 【0030】

そこで、上記(S)/[S]分配比を高めて溶鉄の低硫黄化を図るために必要なスラグ中の(FeO)濃度について調べた結果、該濃度を5質量%程度以下、好ましくは2質量%以下に抑えればよいことを突き止めた。しかも、スラグ中の(FeO)濃度を5質量%以下、好ましくは2質量%以下に低減するための具体的な要件についても模索したところ、溶鉄中の[C]濃度を3.0質量%以上に高めてやれば、スラグ中の(FeO)濃度を確実に2質量%程度以下に抑えることができ、その結果として、スラグ方向へのS分配比が高まり、延いては溶鉄中の[S]を効率よく低減し得ることが確認された。

#### 【0031】

こうした確認結果から本発明では、溶解炉で生成するスラグの塩基度を1.1以上、より好ましくは1.3以上に調整すると共に、得られる溶鉄中の[C]濃度

を 3. 0 質量%以上に高めることを定めている。

#### 【 0 0 3 2 】

ところで、上記の様に溶解炉で生成するスラグの塩基度を 1. 1 以上とするには、原料混合物中に酸化鉄源（鉄鉱石など）の脈石成分として含まれている C a O 成分だけでは不十分であり、不足分の C a O 成分は溶解炉で別途追加することが必要となる。そして、高融点の C a O を溶解炉へ投入して速やかに熔融させるには、溶解炉内を適正な温度に維持すると共に、副生スラグを効率よく攪拌しなければならない。しかし例えば電気炉タイプの溶解炉では、高融点の C a O に対して十分な溶解速度を確保し難く、スラグ成分が溶け切る前に凝集してブロック状に固まり、熔融が著しく遅延すると共に、固形還元鉄の溶解をも阻害する恐れが生じてくる。

#### 【 0 0 3 3 】

また、塩基度の高いスラグに曝される溶解炉の内張り耐火物としては、通常 M g O 系耐火物が使用されるので、該 M g O 系耐火物の溶損を抑えるには、固形還元鉄を溶解させる際に生成するスラグ中の M g O 濃度を相対的に高めることが望ましく、好ましくは、生成スラグ中の M g O 含量が 6 質量%以上、好ましくは 8 ～ 1 3 質量%となる様に、溶解炉に別途ドロマイト等の M g O 含有物質物を添加することが望まれるが、この場合も、高融点の M g O をそのまま溶解炉へ投入すると、C a O を投入した時と同様の問題を引き起こす。

#### 【 0 0 3 4 】

他方、原料混合物中に含まれる鉄源（鉄鉱石など）の銘柄や性状によっては、酸化鉄含有原料中に含まれるガング分（スラグ形成成分）の含有量や組成がかなり変動し、最終的に溶解炉内で生成するスラグの量は、目標塩基度によって若干異なるものの、通常は溶鉄 1 トン当たり 8 0 ～ 3 0 0 k g 程度であり、鉄品位の低い酸化鉄含有物質を原料として用いた場合は、溶鉄 1 トン当たり 4 0 0 k g レベルに達することもある。

#### 【 0 0 3 5 】

この様に、溶解炉内で生成するスラグの量は、原料として用いる鉄源（酸化鉄含有物質）の銘柄や種類によって大きく変動するので、それに伴って、溶解炉へ

スラグ塩基度調整用として添加すべきCaO含有物質（焼石灰など）の量も、例えば溶鉄1トン当たり20～150kgの範囲で変化する。

#### 【0036】

そのため、溶解炉で生成するスラグの塩基度を確実に1.1以上とし、或いは更に、内張り耐火物の溶損を抑えるには、固形還元鉄と共に大量の造滓材（CaOやMgOなど）を溶解炉へ添加する必要が生じ、それに伴って前述した様な溶融障害（スラグ形成成分や固形還元鉄の溶解遅延）が軽視できない問題としてクローズアップされてくる。

#### 【0037】

本発明者らは上記の様な問題点に着目し、固形還元鉄と共に溶解炉へ投入される造滓剤の量が、前述した様な溶融障害の発生に及ぼす影響とその解消手段について実験を重ねた結果、固形還元鉄と共に溶解炉内へ添加される造滓剤の量が40kg/溶鉄トンを超えると、前記溶融障害が明らかに発生し易くなって実炉操業に重大な悪影響を及ぼすこと、そして、この時に溶解炉内へ添加するCaO（またはこれとMgO）等の造滓剤の量を40kg/溶鉄トン以下に抑え、これ以上に必要となる造滓剤成分については、前記回転炉床式還元炉へ原料として装入する原料混合物内に予め配合しておけばよく、それにより溶解炉での固形還元鉄やスラグ形成剤の溶解を速やかに進め得ることをつきとめた。

#### 【0038】

従って本発明では、原料混合物中の酸化鉄源等に含まれるスラグ形成成分の塩基度が低く、溶解炉で不足分のCaO含有物質を追加しなければならない場合に、当該追加分の全部もしくは大部分を、予め原料混合物内へ混入しておき、それらのスラグ形成成分を、回転炉床式還元炉(A)で鉄酸化物を加熱還元する際の熱を利用して、当該原料混合物の内部で焼結化もしくは一部を溶融させて低融点の複合酸化物に変えておくことで、固形還元鉄と共に溶解炉へ投入されるスラグ形成成分の溶解速度（造滓速度）を高め、滓化速度を飛躍的に高めることによって、前述した溶融障害を大幅に軽減する方法を採用する。

#### 【0039】

より具体的には、溶解炉へ添加する造滓剤（CaOやMgO含有物質）の量が

40kg／溶鉄トンを超える場合に、当該超過分は前記回転炉床式還元炉(A)へ装入する原料混合物中に予め配合しておき、当該原料混合物中の酸化鉄を加熱還元する際に、同時に原料混合物中のスラグ形成成分（追加配合したCaOやMgO含有物質を含む）を焼結させ、或いは一部熔融させることによって、例えばCaO・SiO<sub>2</sub>, 2CaO・SiO<sub>2</sub>, 3CaO・2SiO<sub>2</sub>, 2CaO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SiO<sub>2</sub>, 3CaO・2SiO<sub>2</sub>, CaO・MgO・SiO<sub>2</sub>, 3CaO・MgO・2SiO<sub>2</sub>などの複合酸化物に変え、溶解炉内でのスラグの溶解を速やかに進めると共に、固形還元鉄の溶解をも促進するのである。

#### 【0040】

ちなみに、単身の焼石灰（CaO）の融点は2572℃であるが、CaO含有物質を事前に原料混合物内に配合しておき、これを1250～1400℃の温度域で加熱還元すると、これらは、原料混合物内の他のスラグ成分と共に焼結または部分的に溶解し、前述した様な複合酸化物を形成する。これらの複合酸化物は何れもCaO単身より融点がかなり低いので、引き続いて溶解炉へ投入すると速やかに溶解する。ちなみに、原料配合によって多少の違いはあるが、一般的な複合酸化物のうち、CaO・SiO<sub>2</sub>の融点は1544℃、CaO・MgO・SiO<sub>2</sub>は1610℃、3CaO・MgO・2SiO<sub>2</sub>は1575℃、2CaO・SiO<sub>2</sub>は2130℃、CaO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・2SiO<sub>2</sub>は1550℃、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・SiO<sub>2</sub>は1810℃であり、CaO単身に比べると融点は何れも大幅に低くなる。

#### 【0041】

その結果、最終的に生成するスラグ量が例えば300kg／溶鉄トンを超える様な場合でも、前述した様なスラグ形成成分の熔融障害を発生させることなく、溶解炉での溶解操作を安定して遂行し得ることになる。

#### 【0042】

もちろん、付加的に添加する前記造滓剤（CaOやMgO含有物質）の総量が40kg／溶鉄トン未満の場合でも、それらの造滓剤の全量を原料混合物内に予め配合しておき、溶解炉ではCaOやMgOなどの造滓剤を一切添加しない操作を行うことは、本発明におけるより好ましい実施形態であり、この方法は、溶解炉として加熱に大量の電力を必要とする電気炉を使用する際にとりわけ顕著な効果をもたらす。



## 【0043】

この際、回転炉床式還元炉(A)から排出される固形還元鉄はできるだけ高温に保持し、好ましくは900℃以上を保った状態で溶解炉へ投入する様にすれば、溶解炉での付加的な加熱エネルギーを最小限に抑えることができるので好ましい。

## 【0044】

ところで、本発明を実施するに当たり、回転炉床式還元炉で加熱還元することによって製造される固形還元鉄の金属化率は、80%以上、好ましくは85%以上、更に好ましくは90%以上となる様に制御することが望ましい。ちなみに金属化率がこれ未満では、加熱還元により生成する固形還元鉄内に残存する未還元の酸化鉄( $\text{FeO}$ )量が増大し、該固形還元鉄を溶解炉へ投入したときに、残存する該酸化鉄の還元によって多量のCOガスが発生して顕著なスラグフォーミングを起こすからである。しかも一部の酸化鉄は、還元されずに生成スラグ内へ混入してスラグ中の $\text{FeO}$ 含量を高め、前述した如くスラゲーメタル(溶鉄)間のS分配率を低下させて溶鉄の低硫化を阻害するばかりでなく、溶解炉の内張り耐火物の溶損も著しく加速させる。よって、回転炉床式還元炉(A)での加熱還元によって生成する固形還元鉄は、金属化率で80%以上、より好ましくは85%以上、更に好ましくは90%以上を確保すべきである。

## 【0045】

かくして本発明によれば、回転炉床式還元炉で加熱還元を行って固形還元鉄を製造し、得られる固形還元鉄を当該還元炉と直結し、若しくは近接して配置された溶解炉へ引き続いて投入し加熱することによって、未還元の残存酸化鉄を還元すると共に生成した還元鉄は溶解して溶鉄とする一連のプロセスにおいて、鉄源(酸化鉄)の固体還元は回転炉床式還元炉(A)内で極力進めておき、溶解炉では固形還元鉄の溶解に焦点を絞って実施できる様にすることで、固形還元鉄の製造から当該還元鉄の加熱溶融に亘る一連の工程を効率よく遂行し得ることになった。しかも本発明によれば、適切なスラグ塩基度調整によって、溶鉄の低硫化を増進し得ると共に、溶解炉の内張り耐火物の溶損も最小限に抑えることができる。

## 【0046】

しかも本発明では、回転炉床式還元炉で前記原料混合物を加熱還元する際に、当該還元炉の炉床上に原料混合物を装入するに先立って、石炭粉等の炭素質物質を床敷として層状に敷き詰めておき、該床敷上に原料混合物を装入すれば、回転炉床式還元炉が一巡する間に目標の金属化率〔鉄酸化物が還元により生成した金属鉄重量の、原料混合物に配合された鉄源（酸化鉄）に含まれる鉄の総量に対する百分率〕で還元鉄を精度よく、具体的には金属化率にして5質量%以内、更には2質量%以内といった非常に少ないバラツキで製造できるので好ましい。

#### 【0047】

ちなみに、回転炉床式還元炉での加熱還元に必要な熱は、バーナー加熱によって回転炉床上の原料混合物へ供給されるが、先にも説明した如く、バーナー燃焼によって発生したCO<sub>2</sub>ガス等の酸化性ガスにより、一旦生成した還元鉄が再び酸化されることがある他、還元の末期に炉床上の還元ポテンシャル〔一般に、 $(C + H_2) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O) \times 100(\%)$ 、簡易的には、 $CO / (CO + H_2O) \times 100(\%)$ として表わされる〕が低下してくると、還元率も上がり難くなるが、炉床上に床敷として粉粒状の炭素質物質を敷いておくと、炉内雰囲気、特に炉床上の原料混合物近傍の雰囲気へ混入してくるCO<sub>2</sub>ガスは、床敷として存在する炭素質物質によって再び還元性のCOガスに転換されることになり、原料混合物近傍の雰囲気ガスの還元ポテンシャルを、還元の末期に至るまで高く維持することが可能となる。その結果、80%以上、或いは85%以上、更には90%以上といった高レベルの金属化率を確保できるばかりでなく、金属化率のバラツキも最小限に抑えられる。

#### 【0048】

尚、炉床上に床敷として装入される前記炭素質物質は、上記の如く雰囲気ガス（特にCO<sub>2</sub>ガス）との反応に消費されるので、炭素質物質の該消費量を予備実験によって事前に把握しておき、少なくとも当該消費量以上を確保し得る様に装入しておくことが望ましい。該炭素質物質の消費量は、使用する回転炉床式還元炉の規模や性能、操業条件などによって若干異なるが、本発明者らが多くの実験によって確認したところ、回転炉床式還元炉へ装入される原料混合物の乾燥重量1トン当たり概ね20～30kgであり、溶解炉で加熱溶融することによって得

られる溶鉄量に換算すると、溶鉄 1 トン当たり概略 3 0 ～ 6 0 k g になることを確認している。

#### 【0 0 4 9】

そして、回転炉床式還元炉の炉床上へ床敷として装入される溶鉄トン当たり約 3 0 k g の炭素質物質は、その殆どが当該還元炉(A)内で雰囲気改善に消費されることとなり、これ未満の床敷量では雰囲気改善効果（還元ポテンシャル維持効果）が不十分となって、目標とする金属化率が得られ難くなるばかりでなく金属化率のバラツキも大きくなる傾向が生じてくる。

#### 【0 0 5 0】

従って本発明を実施するに当たっては、回転炉床式還元炉での還元末期においても、炉床上の原料混合物近傍の還元ポテンシャルを高位に維持し得るよう、言い換えると一旦生成した還元鉄の再酸化を確実に防止し得るよう、床敷として装入される粉粒状炭素質物質の量を、溶解炉で得られる溶鉄 1 トン当たり少なくとも 3 0 k g 以上、より好ましくは 5 0 k g 以上、更に好ましくは 1 0 0 k g 以上とすることが望ましい。

#### 【0 0 5 1】

なお、上記の様に粉粒状の炭素質物質を床敷として回転炉床上に敷き詰めておく本発明の好ましい実施形態では、当該床敷をある程度の厚みを持った層状にしておくことで、該床敷層が原料混合物と炉床耐火物の緩衝材となり、或いは副生スラグ等に対する炉床耐火物の保護材となり、炉床耐火物の寿命延長にも役立つ。更に、回転炉床式還元炉(A)内で燃焼されることなく排出される余剰の炭素質物質は、次工程の溶解炉へ固形還元鉄と共に投入されることで、揮発分が加熱除去された高活性で且つ高温の炭材として溶解炉へ供給されるので、こうした観点からしても溶解炉の操業には有利となる。特に、電極による加熱手段を備えていない溶解炉を使用し、炭材の燃焼熱を加熱に利用する鉄浴式溶解炉(C)を用いる場合は、溶解炉での加熱溶解に溶鉄 1 トン当たり 2 0 0 k g 以上の炭材が必要になるため、回転炉床式還元炉には溶鉄 1 トン当たり 1 0 0 k g 以上の炭材を事前に装入しておくのがよい。

#### 【0 0 5 2】

但し、該還元炉の炉床上に敷き詰める炭素質物質の量が多過ぎると、床敷層が厚くなり過ぎ（炭材量が200kg以上になると、その層厚は約5mm以上となる）、例えば層厚が7.5mm程度を超えると、原料混合物が炉床上の床敷層内へ潜り込んで還元の進行が阻害される、などの問題を生じることがあるので注意すべきである。なお本発明者らが実験によって確認したところによると、溶鉄1トン当たり100kgの粉粒状炭素質物質は、その上に装入される原料混合物の敷き密度にもよるが、通常は2.5mm厚さに相当する。

#### 【0053】

なお、回転炉床式還元炉の炉床上に敷き詰める炭素質物質の種類は特に限定されず、通常 of 石炭やコークス等を粉碎し、好ましくは適度に粒度調整したものを使用すればよく、また石炭を使用する場合は、流動性が低く且つ炉床上で膨れや粘着性を帯びることのない無煙炭が好適である。

#### 【0054】

本発明を実施するに当たっては、回転炉床式還元炉で得られる高金属化率の固形還元鉄を、冷却することなくできるだけ高温状態、好ましくは900℃以上を維持した状態で溶解炉へ投入し、原料混合物内に残存する酸化鉄を還元すると共に固形還元鉄を速やかに溶解し、溶鉄と熔融スラグに分離することにより、炭素含量〔C〕が3.0質量%以上の溶鉄を得る。

#### 【0055】

また本発明法のより具体的な方法としては、溶解炉で必要となる付加的な炭素質物質の量を事前に予測し、前段の回転炉床式還元炉内で雰囲気ガスの還元ポテンシャル向上に消費される炭素質物質の量と、原料混合物内に配合された炭素質還元剤の還元後に固形還元鉄内に残留する炭素量とを考慮し、最終的に必要となる炭素質物質の量を満たす様に、多目の炭素質物質を回転炉床式還元炉へ装入するのがよい。

#### 【0056】

なお、溶解炉としてアーク加熱式電気炉(B)を使用する場合と、鉄浴式溶解炉(C)の如く炭材の燃焼熱を利用して加熱する場合とでは、当然のことながら溶解炉で必要とされる炭材量は大きく異なってくる。しかし本発明では、何れの場合も

回転炉床式還元炉と溶解炉で必要とされる炭材量を事前に予測し、前半の回転炉床式還元炉の炉床上には最終溶鉄 1 トン当たり 30 kg 以上の炭素質物質を敷き詰め、該炭素質物質層の上で原料混合物の加熱還元を進めれば、金属化率のバラツキで 5 % 以下という安定した品質の固形還元鉄を製造することができる。そして、得られる固形還元鉄と炉床上に残存する炭素質物質を極力高温状態に維持した状態で溶解炉へ供給することにより、固体還元からその溶解に亘る一連の操業を効率よく円滑に遂行することが可能となる。

**【0057】**

本発明法を実施するに当たり、炭素質物質（炭素質還元剤）をより有効に活用するには、回転炉床式還元炉と溶解炉を用いた一連の処理を行う際に、全工程で消費または必要とされる炭素質物質の量を予測し、各工程で必要とされる炭素質物質の量と役割に応じて適切に配分することが好ましい。

**【0058】**

当該全工程で消費される炭素質物質の量は、大別して次の様に分類して管理するのがよい。その 1 つは、原料混合物（あるいはその成形体など）中に炭素質還元剤として配合される炭素質物質①で、原料混合物が仮に 100 % 還元された時に消費される炭素量であり、この炭素量は回転炉床式還元炉の操業条件、特に雰囲気組成によってかなり変動する。他の 1 つは、移動炉床上に床敷として装入される炭素質物質②で、この炭素量は、当該還元炉内のバーナー燃焼によって生成する  $\text{CO}_2$  の如き酸化性ガスを、還元が行われる炉床近傍で再び  $\text{CO}$  ガスに還元（ $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ ）し、回転炉床上で生成した固形還元鉄の再酸化を防止することにより、高金属化率で且つ金属化率のバラツキが少ない固形還元鉄の製造を可能とし、溶解炉での固形還元鉄とスラグ成分の安定した溶解操業に大きく寄与する。

**【0059】**

更に他のものには、溶解炉で固形還元鉄を溶解させ目標とする炭素含量の溶鉄とするために必要な加炭（浸炭）量を保証する炭素質物質③と、溶解炉の加熱に炭材の燃焼熱を利用する鉄浴式溶解炉の場合は、溶解炉で燃料として消費される炭素質物質④が含まれる。よって、アーク加熱式電気炉を使用する場合は、上記

④の炭素質物質が不要であるので、前記①、②及び③の3種の炭素質物質で制御することになる。

#### 【0060】

原料混合物中に炭素質還元剤として配合される炭素質物質①は、原料混合物中の酸化鉄の還元を効率よく進めるために必要な量として配合されるが、一般的には、溶解炉で目標炭素含量の溶鉄を製造するまでに必要とされる炭素量を最大値として配合することが望ましい。そうすれば、溶解炉で付加的な炭素質物質を添加する必要がなく、固形還元鉄の溶解に専念できるからである。この場合は、回転炉床式還元炉には当該炉内で消費される炭素質物質②に相当する量を装入することになるが、何れにしても、前記①と②の炭素質物質の合計量が一定となる様に適切に配分すればよい。

#### 【0061】

一方、溶解炉として、炭素質物質を別途溶解炉へインジェクションされる酸素ガスによって燃焼させ、その燃焼熱を固形還元鉄の溶解に利用するタイプの場合は、アーク加熱式溶解炉を使用する場合に較べて、溶解炉内で燃焼に消費される炭素質物質量が加重されるので、炭素質物質として例えばコークスを使用した場合には、操業条件によって若干の違いはあるものの最終的に得られる溶鉄湯1トン当たり250kg程度、或いはそれ以上の炭材を溶解炉へ添加しなければならない。

#### 【0062】

従って本発明の方法を実施するに当たり、最終溶鉄の炭素量を確保するための加炭に必要な炭材量は、原則として原料混合物に事前に配合しておき、還元炉の炉床上には約130～230kg/トン（溶鉄）の炭材を敷き詰めて操業することが推奨される。この場合、溶解炉では更に付加的な炭材を50～150kg/トン（溶鉄）程度添加することが必要となる。

#### 【0063】

なお、溶解炉としてアーク加熱式電気溶解炉(B)を使用し、最終的に得られる溶鉄の炭素量を3.0質量%よりも低く抑えようとすると、回転炉床式還元炉に原料として装入する原料混合物中の炭素質還元剤量を少な目に抑えねばならず、

当該還元炉での炭素の消耗量等にバラツキが大きくなり、当該還元炉で得られる固形還元鉄の金属化率で80%以上、更には85%以上、殊に90%以上を安定して確保することが困難になる。しかも、最終的に得られる溶鉄の炭素量も不安定になるため、還元炉へ床敷として供給する炭素質物質の下限值も著しく限定されることになる。

#### 【0064】

これに対し、移動炉床式還元炉の炉床上に、最終溶鉄の炭素含量が3.0質量%以上となる様に過剰量の炭素質物質を装入した場合、溶鉄の炭素量は飽和C量まで順次増加していくが、飽和C量を超えると、過剰分の炭素は溶解炉内で溶鉄内に溶解することなく、溶解炉から出湯・出滓する際にスラグなどと共に溶解炉外へ排出される。従って、溶鉄の飽和C量を超えて過剰の炭素質物質を還元炉に供給することは経済的に無駄である。

#### 【0065】

##### 【実施例】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能であり、それらは何れも本発明の技術的範囲に含まれる。

#### 【0066】

##### 実施例 1

この実験では、下記表1, 2に示す通り、酸化鉄源として2種類の鉄鉱石を使用し、炭素質還元剤としては1種類の石炭を用いて、夫々に溶解炉で形成されるスラグの塩基度が1.6となる様に、回転炉床式還元炉へ装入される原料混合物（ここではペレット状成形体）に事前に配合する焼石灰（CaO）の量を調整した場合と、焼石灰を配合しなかった場合について、溶解炉での操業特性を比較した。

#### 【0067】

【表 1】

鉄鉱石の主要成分 (mass%)

鉄鉱石	トータルFe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	P
鉱石(A)	68.01	1.08	0.47	0.03	0.06	0.002	0.041
鉱石(B)	68.67	3.83	0.19	0.38	0.40	0.002	0.024

【0068】

【表 2】

還元剤の組成 (mass%)

還元剤	FC	VM	TA	合計
石炭	71.5	19.9	8.6	100

(注)FC:固定炭素、VM:揮発分、TA:灰分

【0069】

上記表 1, 2 に示す 2 種類の鉄鉱石と 1 種類の炭材を使用し、表 3 に示す配合の原料成形体（ペレット）を成形し、各ペレットを用いて、図 1 で説明した如く、先ず回転炉床式還元炉で、金属化率 92% の固形還元鉄の製造を目標として固体還元を進めた後、得られる固形還元鉄を特に冷却することなく、近接して設けたアーク加熱式電気炉へ装入し、約 1525℃ の炭素飽和溶鉄（[C]=4.6 質量%）の製造を試みた。操業結果の概要を表 4 に示す。尚バインダーとしては小麦粉を使用した。

【0070】

【表 3】

原料ペレットの配合例

分類	鉱石の種類	配合量 (%)			
		鉱石	石炭	バインダー	石灰石
(1)	鉱石(A)	77.4	21.1	1.5	0.0
(2)	鉱石(A)	74.4	20.4	1.5	3.7
(3)	鉱石(B)	78.8	19.7	1.5	0.0
(4)	鉱石(B)	75.6	18.9	1.5	4.0
(5)	鉱石(B)	72.4	18.1	1.5	8.0

【0071】



【表 4】

実験結果の概要

分類	鉄鉱石(A)		鉄鉱石(B)		
	方法(1)	方法(2)	方法(3)	方法(4)	方法(5)
1)主副原料					
還元鉄(ドライ) (kg/t(mi))	1137	1132	1156	1170	1217
炉床排出炭材 (kg/t(mi))		54.5		61.9	62.1
炭材(新規) (kg/t(mi))	24.1	—	21.0	—	—
焼石灰 (kg/t(mi))	44.9	—	96.7	54.1	—
ドロマイト (kg/t(mi))	—	—	—	—	—
2)ユーティリティ					
電力 (kWh/t(mi))	507	408	489	437	408
酵素 (Nm <sup>3</sup> /t(mi))		—		—	—
3)溶鉄					
[C] (%)	4.2	4.5	4.3	4.6	4.6
溶鉄温度 (°C)	1475	1525	1505	1510	1525
4)スラグ					
原単位 (kg/t(mi))	86.6	90.9	184	180.1	179.4

【0072】

表4からも明らかな様に、鉄鉱石(A)を使用した方法(1)では、回転炉床式還元炉で得られる約1137kg/溶鉄トン[表ではkg/t(mi)と記す]の固形還元鉄を、高温状態(約900℃)でアーク式電気炉型溶解炉へ連続的に投入しながら、一方では約44.9kg/溶鉄トンの焼石灰(CaO)と約24.1

kg/溶鉄トンの炭素質物質（ここではコークス）を同時に溶解炉へ投入し、[C]量が4.6質量%である炭素飽和溶鉄を目標として製造した例である。

#### 【0073】

本例で用いた鉄鉱石は高品位鉱であり、鉱石中の脈石成分も少ないが、溶解炉で生成するスラグの目標塩基度を1.6に設定すると、溶解炉へ付加的に添加すべき焼石灰の添加量は約44.9kg/溶鉄トンとなり、本発明の規定値を若干超える。そのため、溶解炉での溶解工程で焼石灰添加時にスラグの一部がブロック状に固まる現象が観察され、焼石灰や還元鉄の溶解作業が不安定になる傾向が認められ、完全溶解に要する時間も長くなった。

#### 【0074】

また、溶解炉で加熱のために必要となる炭材量については、上流側の回転炉床式還元炉の回転炉床上へ装入するのではなく、溶解炉へ直接装入したため、回転炉床式還元炉での還元末期に炉床雰囲気中の還元ポテンシャルがやや低下傾向となる。その結果、該還元炉から排出される固形還元鉄の金属化率は78%から88%の範囲で相対的に低く且つバラツキもやや大きく（平均値：84%）、最終的に得られる溶鉄の炭素量は4.2質量%とやや低い。また溶湯温度も、作業時間の延長に伴って目標値から約50℃低い1475℃となった。

#### 【0075】

ちなみに、この場合の溶解炉で必要となる付加的炭材量の理論値は18.5kg/溶鉄トンであるが、溶解炉の作業状況がやや不安定であるため、燃料として約30%増しの炭材24.1kg/溶鉄トンを溶解炉へ投入した。

#### 【0076】

これに対し、酸化鉄源として鉄鉱石(A)を使用した方法(2)では、原料混合物（ペレット）中に、溶解炉で生成するスラグの塩基度を1.6とするために必要となるCaOの全量（45kg/溶鉄トン）を予め配合しておき、該ペレットを回転炉床式還元炉内へ装入し、該還元炉から金属化率がほぼ92%の固形還元鉄を得、炉床上に残留する約17kg/溶鉄トンの炭材と共に引き続く溶解炉へ装入し、炭素含量が約4.5質量%の溶鉄を製造した例である。なお、還元炉には床敷として約54.5kg/溶鉄トンの石炭粉を炉床上に供給したが、そのうち約1

7 kg/溶鉄トンは未燃状態で還元炉から排出され、溶解炉に装入された。

#### 【0077】

回転炉床式還元炉内での炭素質物質の燃焼量は当該還元炉の操業条件によって決まり、本実験例では約69%であった。何れにしても方法(2)では、当該還元炉で得られる固形還元鉄の金属化率は、ほぼ目標値である92%が達成され、しかもそのバラツキは±1.5%と極めて安定していた。更に、溶解炉では造滓剤(焼石灰)を全く添加せずともスラグおよび固形還元鉄の溶解を極めてスムーズに行うことができ、本発明法の優れた特長が実証された。加えて、この実施例で最終的に得られる溶鉄の[C]値はほぼ目標値の4.5質量%であり、処理後の溶鉄温度も目標値通りにほぼ正確に制御することができた。

#### 【0078】

なお、還元炉から固形還元鉄のサンプルを採取し、スラグ分と固形還元鉄を分離した後、スラグ分の鉱物組成をX線解析によって調べたところ、 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ,  $3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$ ,  $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ および $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ 等の鉱物組成が確認され、本発明法で意図する溶解性に優れた複合酸化物が生成していることが併せて確認された。また、溶解炉から抜き出される溶融スラグ中のS含量は約1.5質量%であったのに対し、溶鉄の[S]含量は約0.04質量%であり、硫黄分の殆どはスラグ側に移行していることが確認された。

#### 【0079】

一方、鉱石(B)には、表1に示した如く脈石成分中に多量の酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )が含まれており、この種の鉱石を用いる場合には、溶解炉で目標塩基度のスラグを生成させるのに、鉱石(A)に較べてかなり多量のCaO分を添加しなければならず、溶解炉で生成するスラグ原単位も概略180 kg/溶鉄トンに達する。この鉱石(B)に炭素質還元剤と少量のバインダーを配合して製造された原料成形体(ペレット)を、床敷として石炭粉を装入することなく単独で回転炉床上へ装入して加熱還元を行った方法(3)では、平均値で約88%の金属化率を達成できたが、そのバラツキは±3.5%とやや大きい。

#### 【0080】

何れにしても、回転炉床式還元炉で得た固形還元鉄と炭材および造滓剤(焼石

灰)を溶解炉へ連続的に投入して溶解操作を行ったところ、この方法(3)では、溶解炉で生成するスラグの塩基度を1.6とするのに大量(96.7kg/溶鉄トン)の焼石灰(CaO)を投入しなければならず、溶解炉へ装入された焼石灰の溶解が円滑に進行せず、溶解時に数回に亘ってスラグ上に塊(ブロック)が形成されて連続操作が困難となり、しばしば操作を中断せざるを得なかった。

#### 【0081】

これに対し方法(4)では、溶解炉でスラグ塩基度の調整に必要な焼石灰のほぼ半量を原料ペレット内へ事前に配合しておき、残りの半量は溶解炉へ添加した例である。なお本例では、溶解炉で必要となる炭材の全量(約61.9kg/溶鉄トン)を上流側の回転炉床式還元炉で炉床上へ床敷として装入したが、該床敷炭材の一部は還元炉内で消費され、還元炉から排出される残存炭材量は約17.5kg/溶鉄トンであった。

#### 【0082】

この場合、溶解炉へ添加する造滓剤(焼石灰)量は約54kg/溶鉄トンで、本発明で規定する範囲を超えている。そのため、固形還元鉄の溶解過程で操作を停止しなければならない様な大きな問題は生じなかったが、スラグが溶解炉内で部分的に固化する現象が観察された。従って、溶解炉へ付加的に添加される造滓剤の量は、40kg/溶鉄トン程度以下に抑えるべきであると考えられる。

#### 【0083】

一方、方法(5)は、溶解炉でスラグ塩基度調整用として添加すべきCaO源の全量を事前に原料ペレット内へ配合しておき、溶解炉ではCaO源を全く添加しなかった例である。本例では、全工程を通して必要となる炭材の全量を床敷として事前に還元炉へ装入した。床敷として装入された該炭材の一部は還元炉内で還元ポテンシャルの維持に消費されるが、残量の約18kg/溶鉄トンは固形還元鉄と共に溶解炉へ装入される。

#### 【0084】

回転炉床式還元炉から排出される固形還元鉄の金属化率は、目標値の92%と非常に高い値が得られ、且つそのバラツキも±1.0%と非常に小さいため、溶解炉での副生スラグおよび固形還元鉄の溶解は安定して速やかに進行し、スラグ

原単位が約 180 kg/溶鉄トンと多いにも拘わらず、安定して操業し得ることが分る。

#### 【0085】

##### 実施例 2

この実験では、固形還元鉄を溶解するための熱源として炭材の燃焼熱を利用する鉄浴式溶解炉を用いた例である。溶解炉としては、酸素上吹き転炉型の炉を使用し、該溶解炉内で炭材を燃焼させるための酸素は、上吹きランスによって溶湯上方から吹き付けた。具体的には、前記実施例 1 で用いたのと同じ鉱石(A)を酸化鉄源とし、スラグ塩基度調整に必要な CaO 含有物質は原料成形体に配合せずに溶解炉で添加した従来法と、該 CaO 含有物質を全て原料成形体に配合しておいた本発明法の 2 例について実験を行い、結果を表 5 に示した。

#### 【0086】

従来法(1)では、酸化鉄源として脈石成分中 SiO<sub>2</sub>量が相対的に少ない良質の鉄鉱石を使用したため、溶解炉で生成するスラグの塩基度を 1.6 とするのに必要となる CaO 添加量は約 73 kg/溶鉄トンと比較的少ないが、本発明で定める造滓材添加量の上限である 40 kg/溶鉄トンを超えて溶解炉へ投入し、且つ固形還元鉄を得るための回転炉床式還元炉の炉床上には粉粒状の炭素質物質を一切投入しなかった例である。

#### 【0087】

この方法は、溶解炉として電気炉を用いる溶解法とは異なり、上吹きランスからの酸素の吹込みで溶鉄やスラグを強力に攪拌できるので、溶解炉へ焼石灰を添加した場合でも比較的円滑に溶解することができる。また、加熱還元によって得られる固形還元鉄の金属化率は平均 90% とかなり高かったものの、そのバラツキは ±4.5% と非常に大きいため溶湯温度の制御が難しく、溶解途中で溶鉄温度は 1400～1560℃ の範囲で大幅に変動し、目標値の 1525℃ を確保するのが困難であった。

#### 【0088】

更に、全工程を通して必要となる炭材量の予測値を元に、炭材 275 kg/溶鉄トン を溶解炉へ追加投入したが、最終的に得られる溶鉄の炭素量[C]は 3.8

質量%となり、目標の4.5質量%よりもかなり下回った。

【0089】

一方、本発明法(2)では、実施例1で用いたのと同じ原料配合で原料ペレットを造粒し、回転炉床式還元炉には該ペレットと約210kg/溶鉄トンの炭材を床敷として炉床上へ装入して加熱還元を行った。還元炉の炉床上へ装入された炭材のうち、約30kg/溶鉄トンは還元炉での還元ポテンシャル維持のために燃焼損耗し、残りの約180kg/溶鉄トンが固形還元鉄と共に溶解炉へ装入される。従って、不足分の炭材74kg/溶鉄トンを溶解炉へ追加投入した。溶解炉で生成するスラグの塩基度を目標値(1.6)にするために必要となる焼石灰は、全て原料ペレット中に予め配合しておき、溶解炉には焼石灰を一切添加しなかった。

【0090】

本発明法(2)では、上記従来法(1)同様に、約900℃の固形還元鉄を溶解炉へ装入したが、固形還元鉄の金属化率のバラツキが90～93%と非常に小さいため、溶解炉における固形還元鉄の溶解状況は非常に安定しており、ほぼ目標通りの溶鉄炭素量[C]=4.7質量% (目標値は4.6質量%) と溶湯温度1530℃ (目標値=1525℃) を達成することができ、[S]含量は0.028質量%で十分に低く、溶湯温度のバラツキも1500～1550℃と非常に少なかった。

【0091】

【表 5】

実験結果の概要

分類	鉄鉱石(A)	
	従来法(1)	本発明法(2)
1)主副原料		
還元鉄(ドライ) (kg/t(mi))	1090	1155
炉床装入炭材 (kg/t(mi))		210
炭材(新規) (kg/t(mi))	275	74
焼石灰 (kg/t(mi))	73	
ドロマイト (kg/t(mi))		
2)ユーティリティー		
電力 (kWh/t(mi))		
酵素 (Nm <sup>3</sup> /t(mi))	224	209
3)溶鉄		
[C] (%)	3.8	4.7
溶鉄温度 (°C)	1500	1530
4)スラグ		
原単位 (kg/t(mi))	137	133

## 【0092】

## 実施例 3

この実験では、回転炉床式還元炉を用いて、バラツキが少なく高金属化率の固形還元鉄を製造することのできる具体例を示す。即ち、回転炉床式還元炉の回転炉床上に、引き続き溶解炉で得られる溶鉄トン当たり30kg以上の粉粒状炭材を床敷として装入し、該床敷炭材層の上に原料ペレットを装入して加熱還元を行った場合と、粉粒状の炭材を回転炉床上に敷くことなく、原料ペレットを炉床上に直接装入して加熱還元を行った場合とを比較したものである。尚、還元炉内の雰囲気温度は何れも1340℃一定とし、炉内の異なった位置に設けたサンプリング孔から還元途中の原料ペレットを採取し、該ペレットの残留炭素量と金属化率を測定した。

## 【0093】

炉床上に炭材層を敷かなかった場合は、図2に示す通り、同一の金属化率でも残留炭素量のバラツキが相対的に大きく、しかも90%以上といった高金属化率の固形還元鉄を安定して製造することがやや難しい。一方、回転炉床上に床敷炭材を敷き詰めてからその上に原料ペレットを装入し加熱還元を行った場合は、図2からも明らかな様に金属化率と残留炭素量のバラツキが非常に少なく、且つ高

い金属化率が得られており、両者を比較すると、炭材床敷の効果が非常に優れたものであることを確認できる。

#### 【0094】

この様に本発明を実施する際には、回転炉床式還元炉を用いて金属化率80%以上の還元鉄を製造する際に、特に、炉床上に床敷炭材を敷き詰めてからその上に原料ペレットを装入する方法を採用することにより、加熱還元によって得られる固形還元鉄内に残留する炭素量（即ち、残留炭素量）のバラツキを±1.0質量%以内に収めることも可能となり、引き続き溶解炉で安定した固形還元鉄の溶解操業を可能にする。これに対し炭材床敷を省略した場合は、同一金属化率のもので比較すると、残留炭素量のバラツキは±1.0質量%以上となり、溶解炉における操業がやや不安定になる傾向がうかがわれる。

#### 【0095】

なお本発明で固形還元鉄の金属化率を80%以上と定める所以は、既に述べた通り、固形還元鉄中の金属化率が80%未満になると、溶解炉内における固形還元鉄中の残留FeOの還元負荷が増大し、しかも該残留FeOが還元される際に発生するCOガス気泡によってスラグが著しくフォーミングし、操業が不安定になることから、本発明法の範囲外としたものである。

#### 【0096】

##### 【発明の効果】

上記の様に本発明の製法によれば、回転炉床式還元炉の如き移動炉床式還元炉と溶解炉を組み合わせることで酸化鉄源と炭素質還元剤を含む原料混合物を加熱還元し、引き続き加熱溶融して溶鉄を製造する際に、特に溶解炉で生成するスラグの塩基度が1.1以上となる様にCaO含有物質の添加量を調整すると共に、該CaO含有物質の溶解炉への投入量を40kg/溶鉄トン以下に抑え、残部は原料混合物内に予め配合しておき、好ましくは該CaO含有物質の全量を原料混合物中に配合して、溶解炉への追加投入をゼロとすることにより、溶解炉でのスラグおよび固形還元鉄の溶融を短時間で円滑に進めることができる。

#### 【0097】

また、移動炉床式還元炉に原料混合物を装入するに先立って、好ましくは粉粒



状の炭素質物質を床敷として装入する構成を採用すれば、当該還元炉での還元末期における還元ポテンシャルを安定して高レベルに維持することができ、固形還元鉄の金属化率を高めることができ、特に、上記炭素質物質の床敷量を溶鉄 1 トン当たり 30 kg 以上に設定し、より好ましくは全工程で必要とされる炭素質物質の全量を前記床敷として装入して操作を行えば、固体還元からその加熱溶融をより円滑に遂行できる。

#### 【0098】

しかも本発明によれば、前記還元炉で得られる固形還元鉄の金属化率の向上、および床敷としての炭素質物質量の増大などにより、溶解炉で得られる溶鉄の炭素含量を 3.0 以上に容易に高めることができる。それに伴って、溶解炉で生成する溶融スラグ中の酸化鉄含量が低減し、溶解炉内張り耐火物の溶損が抑制されると共に、硫黄分のスラグ方向への分配率が向上し、溶鉄の硫黄含量を可及的に低減し得るなど、工業的实施に向けて様々の特長を享受できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の一実施例を示すプロセスフロー図である。

##### 【図 2】

本発明と従来法を採用したときの、回転炉床式還元炉で得られる固形還元鉄の金属化率と原料中の残留炭素量の関係を対比して示すグラフである。

#### 【符号の説明】

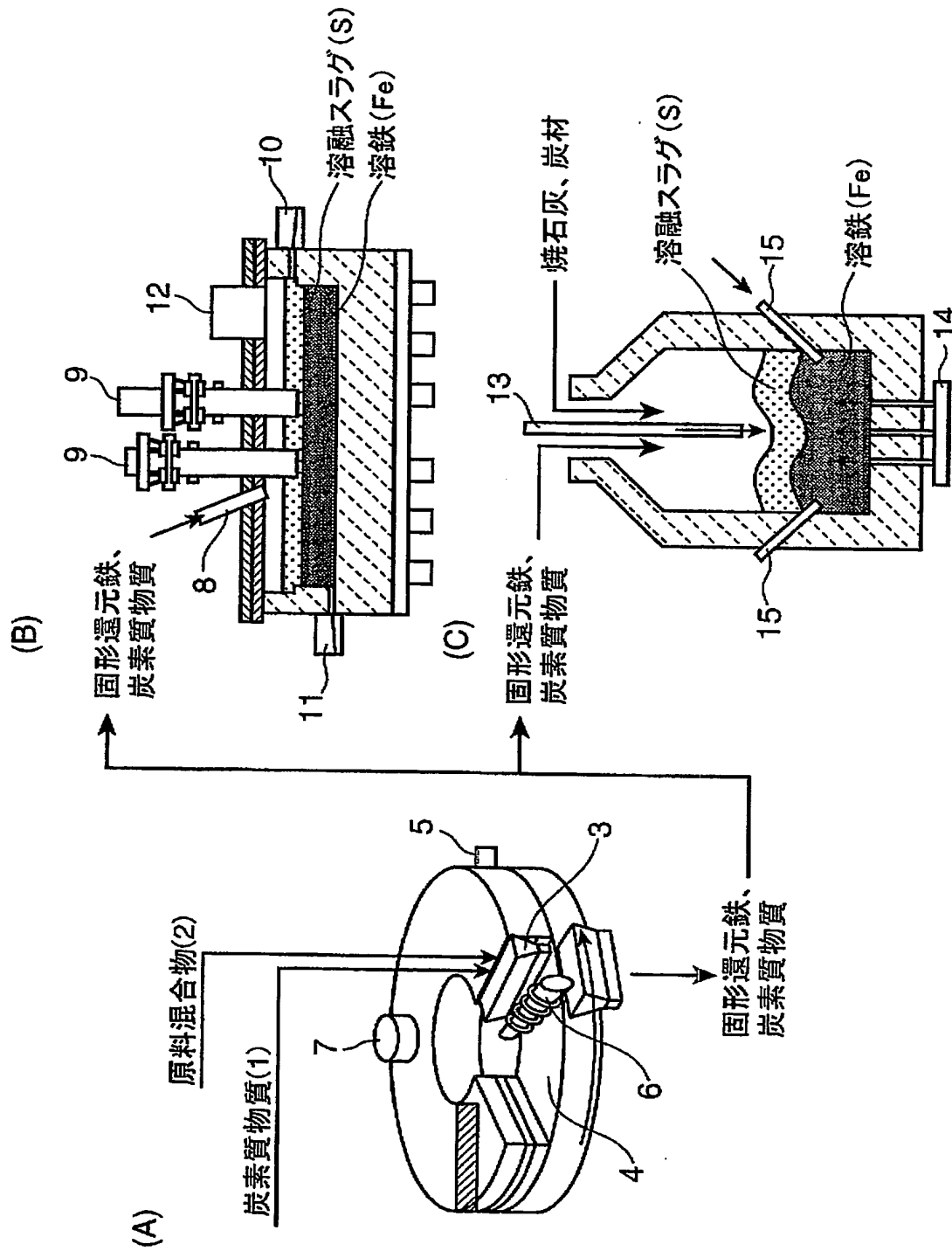
- (A) 回転炉床式還元炉
- (B) 電気炉式溶解炉
- (C) 鉄浴式溶解炉
- (1) 炭素質物質 (床敷)
- (2) 原料混合物 (ペレット)
- (3) 原料投入ホッパー
- (4) 回転炉床
- (5) バーナー
- (6) 排出装置

- (7) 排ガスダクト
- (8) 投入シュート
- (9) 電極
- (10) 出滓孔
- (11) 出湯孔
- (12) 排ガスダクト
- (13) 上吹きランス
- (14) 底吹ノズル
- (15) 横吹ノズル
- F e 溶鉄
- S 熔融スラグ

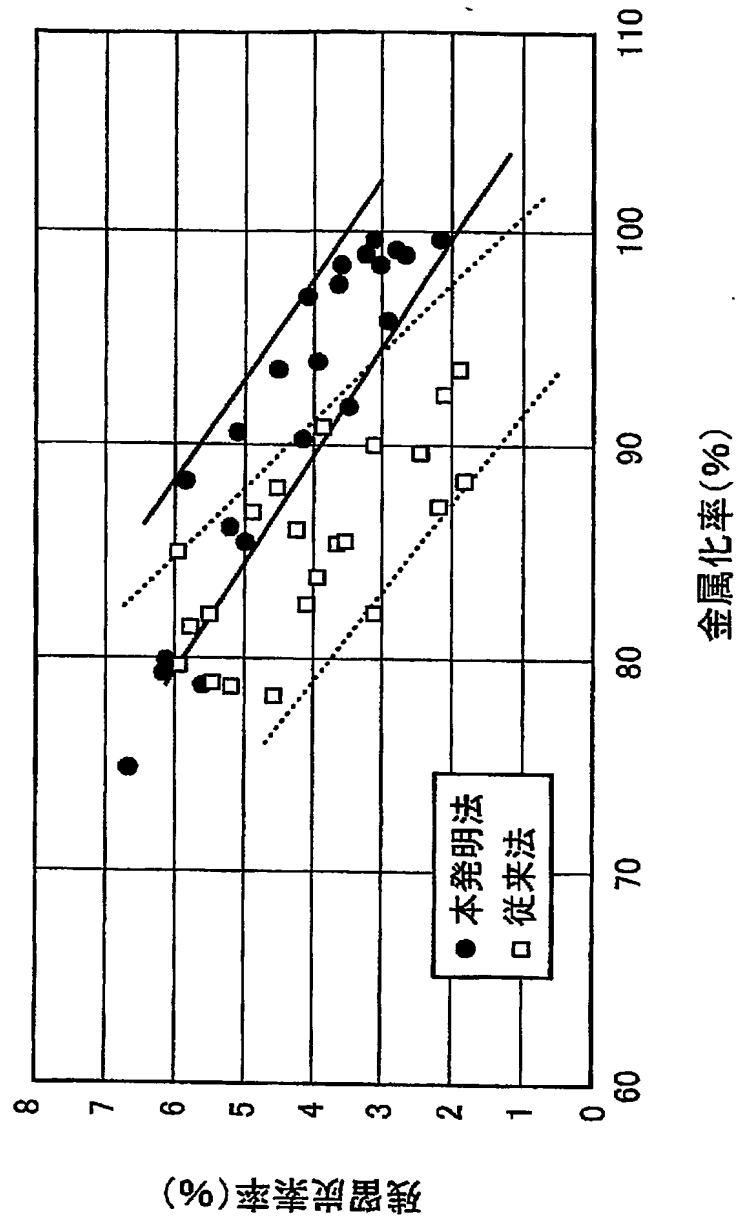
【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 鉄鉱石などの酸化鉄含有物質を炭材等の炭素質還元剤と共に移動炉床式還元炉で加熱還元し、得られる還元鉄を引き続き溶解炉で溶解して溶鉄を製造する際に、特に、鉄分純度の高い溶鉄を高生産性の下で効率よく製造し得る方法を確立すること。

【解決手段】 移動炉床式還元炉の炉床上に、炭素質還元剤と酸化鉄含有物質およびCaO含有物質を含む原料混合物を装入し、該原料混合物を上記還元炉内で加熱還元した後、溶解炉で溶解して溶鉄を製造する際に、上記溶解炉内で生成するスラグの塩基度が1.1以上となる様に溶解炉へ別途添加されるCaO含有物質の投入量が、当該溶解炉で得られる溶鉄1トン当たり40kg以下となる様に、前記原料混合物へのCaO含有物質の配合量を調整する。

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 1 9 9 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 3 月 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目 1 0 番 2 6 号

氏 名

株式会社神戸製鋼所